

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-48597

(43)公開日 平成10年(1998)2月20日

(51)Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 2 F 1/133	5 7 0		G 0 2 F 1/133	5 7 0
G 0 2 B 3/14			G 0 2 B 3/14	
G 0 2 F 1/13	5 0 5		G 0 2 F 1/13	5 0 5
1/1335			1/1335	
1/1337			1/1337	

審査請求 未請求 請求項の数9 O L (全 14 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願平8-202244

(22)出願日 平成8年(1996)7月31日

(71)出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号

(72)発明者 陶山 史朗

東京都新宿区西新宿3丁目19番2号 日本  
電信電話株式会社内

(72)発明者 伊達 宗和

東京都新宿区西新宿3丁目19番2号 日本  
電信電話株式会社内

(72)発明者 加藤 謹矢

東京都新宿区西新宿3丁目19番2号 日本  
電信電話株式会社内

(74)代理人 弁理士 吉田 精孝

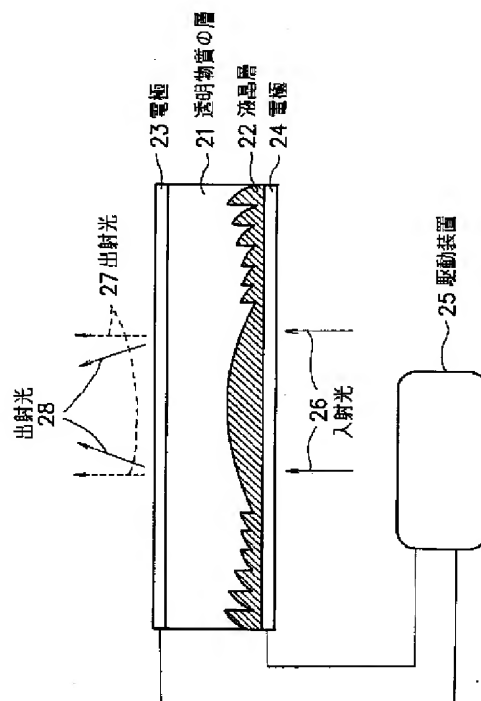
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 光学装置

(57)【要約】

【課題】 高速駆動が可能で均一性が良く、製作が容易であり、しかも能動的に光学的性質を連続的に周期的変化できる光学装置を提供すること。

【解決手段】 凹フレネルレンズ形状を有する透明物質の層21と、誘電率異方性を有する液晶を含む液晶層22とを挟んで2つの電極23, 24を配置し、装置の駆動中、これに液晶が静的に配向する電圧以上の電圧を常に駆動装置25より加えることによって、電氣流体力学的運動に基づく液晶分子の揺らぎを起こさせ、これにより液晶層22の屈折率を変化させ、装置の光学的性質を高速に変化させる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 所望の曲面の表面形状を有する透明物質の層と、正の誘電率異方性を有する液晶を含む層と、これら透明物質の層と液晶を含む層とを挟んだ電極とを備え、かつ前記液晶を、交流を含む電圧の周波数において電極に対して実効的に静的に垂直に配向する電圧振幅をVTとした時、このVT以上の振幅を有する電圧を装置の駆動中、常に前記電極に供給する駆動装置を備えたことを特徴とする光学装置。

【請求項2】 所望の曲面の表面形状を有する透明物質の層と、負の誘電率異方性を有する液晶を含む層と、これら透明物質の層と液晶を含む層とを挟んだ電極とを備え、かつ前記液晶を、交流を含む電圧の周波数において電極に対して実効的に静的に平行に配向する電圧振幅をVTとした時、このVT以上の振幅を有する電圧を装置の駆動中、常に前記電極に供給する駆動装置を備えたことを特徴とする光学装置。

【請求項3】 1Hz～100Hzを主な周波数とする電圧を前記電極に供給する駆動装置を用いたことを特徴とする請求項1または2記載の光学装置。

【請求項4】 ネマチック液晶を用いたことを特徴とする請求項1または2記載の光学装置。

【請求項5】 電極間の距離が一定である電極を用いたことを特徴とする請求項1または2記載の光学装置。

【請求項6】 液晶を含む層側の透明物質の層の表面形状が、凸レンズまたは凹レンズまたはフレネルレンズまたはプリズムアレイまたはレンズアレイまたはレンチキュラレンズまたは回折格子あるいはこれらを任意に組み合わせた曲面であることを特徴とする請求項1または2記載の光学装置。

【請求項7】 液晶を含む層側の電極の表面上に、前記液晶を一方向に配向させる配向膜を設けたことを特徴とする請求項1または2記載の光学装置。

【請求項8】 液晶の配向がより均一な面を光の入射側に向けて配置したことを特徴とする請求項1または2記載の光学装置。

【請求項9】 請求項7または8記載の光学装置を複数個、配向膜の配向方向が互いに直交するように直列に並べたことを特徴とする光学装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、印加電圧により、光学装置における光学の性質、例えばレンズにおける焦点距離、プリズムにおける偏向角、レンチキュラレンズにおける発散角等を高速で周期的かつ連続的に変化する光学装置に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】従来の光学装置は、受動的な光学装置が

ほとんどであり、その光学の性質を電圧等によって変化する能動的な光学装置の種類は限られていた。その中で屈折率可変物質を用いた光学装置として、例えば昭和59年度科学研究費補助金研究成果報告書No. 59850048に記載された液晶レンズがある。

【0003】図1は前記液晶レンズの構造を示すもので、高分子やガラス等で形成された平凹レンズ1と、その表面に形成された透明電極2と、該透明電極2上に形成されたポリイミド等による配向膜3と、液晶（誘電率異方性が周波数の違いにより逆転しない通常のネマチック液晶）4と、これらに対向した対向基板5と、該対向基板5上に形成された透明電極6と、この透明電極6上に形成されたポリイミド等による配向膜7と、これらを駆動するための駆動装置8とから構成される。ここで、配向膜3及び7は液晶4がほぼ平行に整列するようにホモジニアス配向状態にしてある。

【0004】透明電極2と6との間に電圧を印加しない状態においては、配向膜3、7の作用により液晶4は対向基板5にほぼ平行に並ぶように配向する。この場合、この配向方向に対して平行な偏光状態の入射光11にとって、液晶4は平凹レンズ1と比較して大きな屈折率を有しているように見えるため、光学装置全体としては平凸レンズとして作用し、出射光12のように集束する。

【0005】一方、透明電極2と6との間に適度な電圧を印加した状態においては、印加電圧の作用により、液晶4は対向基板5や平凹レンズ1に対して垂直に配向する。この場合、入射光11にとって液晶4は平凹レンズ1とほぼ同じ屈折率を有しているように見えるため、光学装置全体としては単なるガラス板と同様な作用しか及ぼさず、出射光13は入射光11とほぼ同様な方向に出射する。

【0006】このように、従来の光学装置においても、印加電圧によって平凸レンズの光学の性質、例えば焦点距離を図2に示すように連続的に変化することは可能であった。

## 【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、従来の光学装置においては、電圧を印加しない場合の液晶4の配向を配向膜3、7の配向規制力のみで行っていた。このような光学装置においては液晶4の厚みが数100μm以上と厚くなるため、その駆動の際の回復時間が図3に示すように数秒以上と極めて遅くなる欠点を有していた。しかも印加電圧を増加してもその回復時間にはほとんど改善は見られず、短縮化への方策がないのが現状であった。

【0008】また、前述したように、配向膜3、7の配向規制力のみで液晶4を配向させる場合、透明電極2の近くにおいては、図4に示すように平凹レンズ1の曲面に沿って液晶4の分子4aが配向する。このため、液晶の配向が一部分傾いてしまい、入射光が感じる屈折率が

平凹レンズ1の屈折率に近づき、光学的性質の変化量が小さくなる他、レンズの位置によって光学的性質の変化量に分布ができてしまうという欠点を有していた。

【0009】また、平凹レンズ1等の表面上に透明電極2を形成するため、電圧を印加した場合、透明電極2の近くでは電界がその表面に垂直な形でかかり、図5に示すように液晶4がその表面に垂直な形で配向する。このため、液晶の配向が一部分傾いてしまい、入射光が感じる屈折率が平凹レンズ1の屈折率とかなり異なる領域が形成され、本来なら偏向をほとんど受けずに透過するべき入射光が部分的に偏向等を受けるといった欠点を有していた。

【0010】また、平凹レンズ1の表面形状がさらに複雑な形状、特に深い溝や鋭い突起を有するような場合には、透明電極の均一な形成が困難となる欠点を有していた。また、液晶4を配向させるための配向膜の配向処理、例えばラビング処理等も困難となる欠点を有していた。さらに、透明電極間の距離は、図1から明かなように位置によって異なり、これに同一の電圧を印加するため、狭い部分において絶縁性の劣化や短絡が起こり易いという欠点を有していた。

【0011】このように、従来の屈折率可変物質を用いた能動的な光学装置は、長い回復時間、不均一性、製作上あるいは駆動上の問題点等、実用化上、多くの欠点を抱えていた。

【0012】本発明の目的は、高速駆動が可能で均一性が良く、製作が容易であり、しかも能動的に光学的性質を連続的に周期的に変化できる光学装置を提供することにある。

【0013】

【課題を解決するための手段】本発明では、前記目的を達成するため、所望の曲面の表面形状を有する透明物質の層と、正の誘電率異方性を有する液晶を含む層と、これら透明物質の層と液晶を含む層とを挟んだ電極とを備え、かつ前記液晶を、交流を含む電圧の周波数において電極に対して実効的に静的に垂直に配向する電圧振幅をVTとした時、このVT以上の振幅を有する電圧を装置の駆動中、常に前記電極に供給する駆動装置を備えた光学装置、あるいは所望の曲面の表面形状を有する透明物質の層と、負の誘電率異方性を有する液晶を含む層と、これら透明物質の層と液晶を含む層とを挟んだ電極とを備え、かつ前記液晶を、交流を含む電圧の周波数において電極に対して実効的に静的に平行に配向する電圧振幅をVTとした時、このVT以上の振幅を有する電圧を装置の駆動中、常に前記電極に供給する駆動装置を備えた光学装置を提案する。

【0014】前記構成によれば、液晶が静的に配向するVT以上の電圧を常に電極に加えることにより、液晶分子に電気流体力学的運動を起こし、これによって液晶分子の方向を、電極に垂直あるいは平行な状態とこれから

少し傾いた状態との間で印加電圧の周波数の2倍の周波数に同期して揺らぐようにして、液晶層の屈折率を変化させるようになったため、光学的性質を高速、連続的、周期的かつ均一性良く変化でき、しかも複雑な形状に対する膜の加工等が必要なく、製作が容易となる。

【0015】

【発明の実施の形態】以下、本発明の光学装置の実施の形態の例を示す。以下に示す例では、主に透明物質の層の表面としてフレネルレンズ構造を用いた場合について説明するが、凸レンズ、凹レンズ、プリズムアレイ、レンズアレイ、レンチキュラレンズ、回折格子、またはこれらを組み合わせた曲面を含む場合であっても同様な効果が期待できることは明らかである。

【0016】また、以下の例では、主に液晶が電極に対して垂直に立った時に該液晶及び透明物質の屈折率がほぼ等しくなる場合について説明するが、液晶が電極に対して平行になった時にほぼ等しくなる場合、あるいは液晶が電極に対して一定の角度をなした時にほぼ等しくなる場合であっても同様な効果が期待できることは明らかである。

【0017】さらに、以下の例では、主に液晶の屈折率が透明物質の屈折率よりも概ね大きい場合について説明するが、液晶の屈折率が透明物質の屈折率よりも概ね小さい場合、あるいは液晶の屈折率の可変範囲内に透明物質の屈折率の値が含まれる場合であっても同様な効果が期待できることは明らかである。

【0018】

【第1の形態】図6は請求項1、2、4、5に対応する本発明の光学装置の実施の形態の一例を示すもので、所望の曲面の表面形状を有する透明な高分子やガラス等よりなる透明物質の層21と、例えばネマティック液晶を含む液晶層22と、これら透明物質の層21及び液晶層22を含む層を挟んだ複数の電極23、24と、これらを駆動するための駆動装置25とから構成されている。なお、電極23、24はITOやSnO<sub>x</sub>等の透明物質よりなる透明電極、もしくはアルミ膜やクロム膜等からなる反射電極で構成される。

【0019】ここでは能動的な光学装置の一つとして、焦点距離が可変な平凸レンズ（焦点距離がプラス）の提供を目的とし、例えば液晶層22の屈折率の方が透明物質の層21の屈折率よりも概ね大きい場合には、液晶層22を凸レンズ形状とすれば良い。従って、液晶層22側の透明物質の層21の表面形状を、図示したような凹フレネルレンズ形状等とすれば良い。むしろ、液晶層22の屈折率の方が透明物質の層21の屈折率よりも概ね小さい場合には、液晶層22側の透明物質の層21の表面形状を、例えば凸フレネルレンズ形状とすれば良いことは明らかである。

【0020】ここで、以下、電極として主に透明電極を用いる場合を記述するが、この電極が反射電極やハーフ

ミラー状の電極である場合でもその意味することは明らかである。また、本例においては、液晶層22は、正の誘電率異方性を有している場合を例にとる。また、屈折率異方性としては $n_o$ （正常屈折率）が透明物質の層21の屈折率とほぼ等しく、 $n_e$ （異常屈折率）が透明物質の層21より概ね大きい例を用いる。

【0021】従って、液晶層22の液晶が電極に対して垂直に配向した場合には、透明物質の層21と液晶層22の屈折率が等しくなり、入射光26はほとんど変化を受けずに出射光27として出射する。一方、液晶層22の液晶が電極に対して平行に配向した場合には、透明物質の層21より液晶層22の屈折率が大きくなり、この液晶の配向方向に平行な偏光を有する入射光26に対して凸フレネルレンズとして機能するため、例えば出射光28のように集束する。さらに、液晶層22の液晶が両者の中間の傾きに配向した場合には、液晶層22の屈折率も中間値をとるため、焦点距離の変化するレンズとして機能することは、図1乃至図5に示した従来例の場合とほぼ同様である。

【0022】前述したように、従来は、液晶の厚みが数100 $\mu\text{m}$ 程度と厚いため、液晶分子の応答速度が数秒程度であり、印加電圧への高速応答はできない。この時、液晶層22の液晶分子は、電圧を印加しない場合、これに接する層による配向状態を呈する。

【0023】次に、前記電極23、24に加える、交流を含む印加電圧（その周波数は、前述した液晶分子の応答速度に対応した周波数より充分に高い、即ち液晶分子が応答できない周波数、例えば数Hz～数10Hzとする。）を大きくしていくと、フレデリック転移を起こす電圧 $V_A$ に達し、この電圧 $V_A$ 以上では、液晶分子は誘電率異方性により電極に対して平行から垂直方向に立ち始める。前記印加電圧をさらに大きくすると、一定の電圧以上では、液晶分子が電極に対して実効的に垂直に静的に配向する（この一定の電圧を $V_T$ と定義する。）。

【0024】従来は、前述した電圧 $V_T$ と、 $V_A$ 以下の電圧（通常は0V）との間で電圧を変化させることによって液晶層を駆動していたため、高速化できなかったが、本発明では、 $V_T$ 以上の電圧を印加することによって液晶層22を高速駆動する。

【0025】このような高い電圧を印加すると、液晶分子は静的には不安定となり、電気流体力学的運動を起こし、これにより液晶分子は電極に垂直な方向と、これから少し傾いた状態との間を実効的に揺らぐようになる。この揺らぎ運動は、交流を含む印加電圧の周期に同期する。但し、液晶全体としては分極性が小さく、電圧の極性による前記運動の違いは少ないため、液晶分子の動く周波数は印加電圧の2倍となる。また、この揺らぎ運動の大きさは、印加電圧の振幅に応じて大きくなる。さらに、その緩和時間は、従来例で述べた静的な緩和時間に比べて大幅に短い。このため、液晶層22の屈折率を、

印加電圧の周期に同期させて2倍の周波数で変化でき、高速化が可能となる。

【0026】このように本例では、その光学的特性（例えば、焦点距離等）を高速に、印加電圧に同期させて周期的に変化できる。

【0027】また、本例では、図1乃至図5に示した従来例と異なり、前述した印加電圧を大きくすることにより電気流体力学的運動を大きくできるため、印加電圧を大きくすることにより実効的な応答速度を高速化できる利点を有している。

【0028】また、本発明における液晶分子の動きは電気流体力学的運動が主体となるため、液晶層22の幾何学的形状等により第1義的な配向状態が決まり、従来例に比べ、これに接する層の表面状態の影響を受けにくい利点も有する。

【0029】また、電極23を透明物質の層21の液晶層22側に設けないため、複雑な形状の部分に膜を形成する必要がなく、図1乃至図5に示した従来例に比べて製作が容易となる。

【0030】さらにまた、電極23を透明物質の層21の液晶層22側に設けないため、電極23、24間の距離を概ね同じ距離とすることも容易であり、しかも電極23、24間には常に透明物質の層21が存在するため、図1乃至5に示した従来例と異なり、絶縁性の劣化や短絡等が起こり難い。

【0031】このように、本例では、従来例に比べて駆動の高速化が図れ、均一性、製作の容易化、駆動上の問題点を解決できることが明らかである。

【0032】なお、本例では、液晶が正の誘電率異方性を有する場合について述べたが、負の誘電率異方性を有する場合でも同様であることは明らかである。

【0033】前述したように、本例では、透明物質の層の屈折率と、液晶の正常屈折率（あるいは異常屈折率）とをほぼ等しい値に設定したが、必ずしもそうしなくても良い。即ち、前記屈折率をほぼ等しい値に設定することはその焦点距離を無限大近くに設定することに相当するが、前記屈折率をほぼ等しい値に設定することが材料上困難である場合、あるいは前記屈折率をほぼ等しい値に設定できる材料が他の物性値（誘電率異方性、屈折率異方性、温度特性、溶媒との混合性、毒性等）との関係から採用し難い場合であっても、単に本装置の前後に他の固定焦点のレンズを配置して補正すれば、その焦点距離を無限大近くに設定できるからである。

【0034】

【第2の形態】本例では、印加電圧の振幅による本発明の光学装置の光学特性（例えば、偏向角）の挙動を説明する（後述する光偏向素子の構造を有する光学装置の偏向角）。

【0035】図7は、 $V_T$ 以上の印加電圧と、従来のように $V_T$ 以下の約0Vの電圧との間で電圧振幅を変化し

た場合の偏向角の挙動を示すものである。一例として、印加電圧は周波数30Hzの正弦波とし、その振幅を正弦波的に変化させた。なお、図面では印加電圧の振幅変化による偏向角の挙動を示すため、包絡線的な表現となっている（つまり、印加電圧及び偏向角の細かな周期運動は、塗りつぶして描いている。）。

【0036】従来のようにVT以下のほぼ0Vの電圧まで電圧振幅を下げて駆動すると、その電圧振幅の小さな領域付近で、偏向角が印加電圧の周期とは明らかに異なる非同期的な挙動を示す欠点がある。また、この非同期的な挙動を示す領域では、光が大きく散乱され、明確な偏向角の決定が困難になる欠点もある。

【0037】一方、図8、図9は、例えば第1の形態で述べたVT以上の電圧振幅で印加電圧を変化させた場合の偏向角の挙動を示すもので、図8は図7と同様な包絡線的な表現によるものを、また、図9は詳細な対応関係を示している。また、印加電圧は前記同様に周波数30Hzの正弦波とし、その振幅を正弦波的に変化させた。

【0038】図9から、第1の形態で述べたVT以上の電圧振幅で変化させることにより、偏向角を印加電圧の周期に同期させて2倍の周波数で変化できることが分かる。また、印加電圧がVT以上の領域であれば、印加電圧のステップ状の急激な振幅の変化に対しても、偏向角はほとんど乱れることなく、同期して追従することが分かる。また、図8から、偏向角の周期的変化の振幅を、印加電圧の振幅に応じて変化でき、かつ非同期的な挙動を含まないことが分かる。さらにまた、第1の形態で述べたVT以上の電圧振幅で変化させた場合には、光の散乱を常に低く抑えることもできる。

【0039】このように、本例によれば、高速応答を実現できる。

【0040】

【第3の形態】図10乃至図14は請求項3に対応する本発明の光学装置の実施の形態の一例を示すものである。本例では、印加電圧（振幅>VT）の周波数による本発明の光学装置の光学特性（例えば偏向角）の挙動を説明する。なお、印加電圧としては、一例として正弦波を用いた場合について示す。図10、11、12、13はそれぞれ、印加電圧の周波数が0.5Hz、1Hz、3Hz、100Hzの場合の偏向角の挙動を示す。

【0041】偏向角は、周波数が0.5Hzと低い場合でも同期的な応答を見せるが、偏向角の波形が一定でなく乱れており、また、一周期での平均値の変化も大きく、全体として乱れている。しかも、この場合には大きな光の散乱がある欠点を有する。これに対して1Hzの場合には、0.5Hzの場合のような各波形の大きな乱れはなく、一周期での平均値の変化も小さい。また、3Hzの場合にはこれらの乱れはさらに小さくなる。しかも、これら1Hzや3Hzの場合には、0.5Hzの場合に見られた光の散乱も極めて小さくなる。さらに、周

波数がこれ以上、例えば100Hzの場合でも、同様に乱れや散乱の少ない整然とした応答波形となる。従って、偏向角の乱れや光の散乱等を抑制するには、印加電圧の周波数を1Hz以上とすることが望ましい。

【0042】図14は、印加電圧の周波数を5Hz～100Hzまで変化した場合の偏向角の挙動を示すものである（なお、図7、8と同様、印加電圧及び偏向角の細かな周期運動は塗りつぶして描いている）。偏向角は、印加電圧の周波数が10Hz程度まではほぼ同様の振幅を示し、それ以上の周波数では徐々に小さくなり、100Hz程度で極めて小さくなる。従って、偏向角の変化する振幅を確保する点から、印加電圧の周波数は100Hz以内が望ましい従って、本発明における印加電圧の周波数としては、1～100Hz程度が実用的な範囲となる。

【0043】なお、本例では、印加電圧として正弦波を用いた場合を示したが、矩形波、三角波あるいは周期的な他の波形であっても同様な効果が得られることは明らかである。

【0044】

【第4の形態】図15は請求項6に対応する本発明の光学装置の実施の形態の一例を示すもので、図中、図6の装置と同一構成部分は同一符号をもって表す。即ち、22は液晶層、23、24は電極、25は駆動装置、31は透明物質の層である。

【0045】本例では、液晶層22の液晶として、 $n_o$ （正常屈折率）が透明物質の層31の屈折率とほぼ等しく、 $n_e$ （異常屈折率）が透明物質の層31より概ね大きいものを用いるものとする。

【0046】透明物質の層31の表面形状は凸レンズをなしており、第1乃至第3の形態で示したような振幅及び周波数を有する電圧が電極23、24間に印加された場合、これと同期して、液晶層22の液晶分子の傾きは、例えば電極23、24に対してほぼ垂直な向きから変化し、透明物質の層31と液晶層22の屈折率の差が変化する。

【0047】ここで、透明物質の層31と液晶層22との屈折率の関係から、液晶層22の液晶分子が、例えば電極23、24に対してほぼ垂直な向きの場合、入射してきた光32はほとんど変化を受けずに出射光33として出射する。一方、液晶層22の液晶分子がこれから傾いた場合には、その傾きに対応した透明物質の層31と液晶層22との屈折率の差に応じた焦点距離を有する凹レンズとして機能し、入射光32は、例えば出射光34のように発散する。

【0048】このように本例では、第1乃至第3の形態に示した振幅及び周波数の印加電圧により、液晶層22の屈折率を変化させ、凹レンズの焦点距離を高速かつ確実に変化させることができる。

【0049】

【第5の形態】図16は請求項6に対応する本発明の光学装置の実施の形態の他の例を示すもので、ここでは図15の例において表面形状を凹レンズとした透明物質の層35を用いた例を示す。

【0050】本装置において、電極23、24間に第1乃至第3の形態で示したような振幅及び周波数を有する電圧が印加されると、これと同期して、液晶層22の液晶分子の傾きは、例えば電極23、24に対してほぼ垂直な向きから変化し、透明物質の層35と液晶層22の屈折率の差が変化する。

【0051】ここで、透明物質の層35と液晶層22との屈折率の関係から、液晶層22の液晶分子が、例えば電極23、24に対してほぼ垂直な向きの場合、入射してきた光32はほとんど変化を受けずに出射光33として出射する。一方、液晶層22の液晶分子がこれから傾いた場合には、その傾きに対応した透明物質の層35と液晶層22との屈折率の差に応じた焦点距離を有する凸レンズとして機能し、入射光32は、例えば出射光36のように集束する。

【0052】このように本例では、第1乃至第3の形態に示した振幅及び周波数の印加電圧により、液晶層22の屈折率を変化させ、凸レンズの焦点距離を高速かつ確実に変化させることができる。

【0053】

【第6の形態】図17は請求項6に対応する本発明の光学装置の実施の形態のさらに他の例を示すもので、ここでは図15の例において表面形状を凸フレネルレンズとした透明物質の層37を用いた例を示す。

【0054】本装置において、電極23、24間に第1乃至第3の形態で示したような振幅及び周波数を有する電圧が印加されると、これと同期して、液晶層22の液晶分子の傾きは、例えば電極23、24に対してほぼ垂直な向きから変化し、透明物質の層37と液晶層22の屈折率の差が変化する。

【0055】ここで、透明物質の層37と液晶層22との屈折率の関係から、液晶層22の液晶分子が、例えば電極23、24に対してほぼ垂直な向きの場合、入射してきた光32はほとんど変化を受けずに出射光33として出射する。一方、液晶層22の液晶分子がこれから傾いた場合には、その傾きに対応した透明物質の層37と液晶層22との屈折率の差に応じた焦点距離を有する凹フレネルレンズとして機能し、入射光32は、例えば出射光38のように発散する。

【0056】このように本例では、第1乃至第3の形態に示した振幅及び周波数の印加電圧により、液晶層22の屈折率を変化させ、凹フレネルレンズの焦点距離を高速かつ確実に変化させることができる。

【0057】

【第7の形態】図18は請求項6に対応する本発明の光学装置の実施の形態のさらに他の例を示すもので、こ

では図15の例において表面形状をプリズムアレイとした透明物質の層39を用いた例を示す。

【0058】本装置において、電極23、24間に第1乃至第3の形態で示したような振幅及び周波数を有する電圧が印加されると、これと同期して、液晶層22の液晶分子の傾きは、例えば電極23、24に対してほぼ垂直な向きから変化し、透明物質の層39と液晶層22の屈折率の差が変化する。

【0059】ここで、透明物質の層39と液晶層22との屈折率の関係から、液晶層22の液晶分子が、例えば電極23、24に対してほぼ垂直な向きの場合、入射してきた光32はほとんど変化を受けずに出射光33として出射する。一方、液晶層22の液晶分子がこれから傾いた場合には、その傾きに対応した透明物質の層39と液晶層22との屈折率の差に応じ、かつそのプリズム角に対応した偏向角を有する偏向素子として機能し、入射光32は、例えば出射光40のように偏向する。

【0060】このように本例では、第1乃至第3の形態に示した振幅及び周波数の印加電圧により、液晶層22の屈折率を変化させ、偏向素子の偏向角を高速かつ確実に変化させることができる。

【0061】

【第8の形態】図19は請求項6に対応する本発明の光学装置の実施の形態のさらに他の例を示すもので、ここでは図15の例において表面形状を凹レンチキュラレンズとした透明物質の層41を用いた例を示す。

【0062】本装置において、電極23、24間に第1乃至第3の形態で示したような振幅及び周波数を有する電圧が印加されると、これと同期して、液晶層22の液晶分子の傾きは、例えば電極23、24に対してほぼ垂直な向きから変化し、透明物質の層41と液晶層22の屈折率の差が変化する。

【0063】ここで、透明物質の層41と液晶層22との屈折率の関係から、液晶層22の液晶分子が、例えば電極23、24に対してほぼ垂直な向きの場合、入射してきた光32はほとんど変化を受けずに出射光33として出射する。一方、液晶層22の液晶分子がこれから傾いた場合には、その傾きに対応した透明物質の層41と液晶層22との屈折率の差に応じた焦点距離を有する凸レンチキュラレンズとして機能し、入射光32は、例えば出射光42のように発散する。

【0064】このように本例では、第1乃至第3の形態に示した振幅及び周波数の印加電圧により、液晶層22の屈折率を変化させ、凸レンチキュラレンズの焦点距離や発散角を高速かつ確実に変化させることができる。

【0065】

【第9の形態】図20は請求項6に対応する本発明の光学装置の実施の形態のさらに他の例を示すもので、ここでは図15の例において表面形状を回折格子とした透明物質の層43を用いた例を示す。



【0066】本装置において、電極23, 24間に第1乃至第3の形態で示したような振幅及び周波数を有する電圧が印加されると、これと同期して、液晶層22の液晶分子の傾きは、例えば電極23, 24に対してほぼ垂直な向きから変化し、透明物質の層43と液晶層22の屈折率の差が変化する。

【0067】ここで、透明物質の層43と液晶層22との屈折率の関係から、液晶層22の液晶分子が、例えば電極23, 24に対してほぼ垂直な向きの場合、入射してきた光32はほとんど変化を受けずに出射光33として出射する。一方、液晶層22の液晶分子がこれから傾いた場合には、その傾きに対応した透明物質の層43と液晶層22との屈折率の差に応じた回折効率を有する回折格子として機能し、入射光32は、例えば出射光44のように回折する。

【0068】このように本例では、第1乃至第3の形態に示した振幅及び周波数の印加電圧により、液晶層22の屈折率を変化させ、回折格子の回折効率を高速かつ確実に変化させることができる。

【0069】

【第10の形態】図21は請求項7, 8に対応する本発明の光学装置の実施の形態の一例を示すもので、図中、図6の装置と同一構成部分は同一符号をもって表す。即ち、21は透明物質の層、22は液晶層、23, 24は電極、25は駆動装置、51は配向膜である。

【0070】配向膜51はポリイミド、PVA、PVB、斜方蒸着SiO等からなり、液晶層22側の電極24の表面上に形成されている。この配向膜51はラビング法等による処理を加えることにより、その上の液晶層22の液晶分子を一定の方向に配向させることができる。

【0071】このような構成及び処理により、液晶層22の液晶分子が配向膜51に平行な方向に傾く場合において、液晶層22の液晶分子を広いドメイン領域において均一な配向状態とすることができる。これにより、液晶層22の屈折率変化を入射光に効率良く伝えることが可能となり、かつ液晶層22が種々の方向を向くことによって生ずる散乱やこれに起因する白濁を防ぐことができる。

【0072】また、透明物質の層21をレプリカ法（金属やガラス、プラスチック等の型のレプリカをとる方法）によって形成する場合は、その剥す方向によって液晶を直接配向させることも可能である。この場合は特殊な膜を塗布したり、表面に凹凸のある面を配向処理する必要があるため、本装置の作製が容易になる。

【0073】また、液晶層22側の透明物質の層21の表面上に垂直配向材を塗布することにより、液晶層22の透明物質の層21側を垂直配向とすることも可能である。また、垂直配向材以外にも、例えば弗素等の基を有しかつ液晶材料との濡れ性が悪い材料を透明物質の層2

1の表面上に塗布することにより、液晶層22の透明物質の層21側を垂直配向に近い配向とすることも可能である。これらの場合は膜を塗布するだけで良く、表面に凹凸のある面を配向処理する必要がないため、本装置の作製が容易となる。

【0074】また、本発明の光学装置は、液晶層側の電極上にも配向膜を配置し、液晶層22の両側に配向膜を有する構成をとることもできる。

【0075】また、本発明の光学装置は、液晶層側の電極上にポリイミド、PVA、PVB、斜方蒸着SiO等からなる配向膜を含み、透明物質の層側に前述したような特別な配向膜を含まない構成もできる。

【0076】このような構成では、前述した配向処理を行った配向膜の近傍においては、液晶分子を一定の方向に配向させることができるが、透明物質の層の近傍では、液晶分子が場所によって異なった向きを向いた配向を示し、入射光に屈折率変化を十分に伝えられず、可変焦点の効果が十分に発現しない可能性がある。

【0077】しかしながら、このような構成においても、例えば入射光を液晶の配向がより均一な方向（例えば、配向膜が形成されている側）から入射させることにより、この問題を解決できる。即ち、入射光の偏光状態を前記配向方向と一致させることにより、屈折率可変物質の屈折率変化を入射光に効率良く伝えることが可能となる。これは液晶の旋光性によるものであり、液晶分子の配向方向が入射光の進行方向に、波長に比べてゆっくりと変化する場合は、入射光の偏光方向はこの液晶分子の配向方向の変化に追従して変化する（例えば、液晶の配向方向が右回りに変化する場合は偏光方向も右回りに変化する。）。このため、透明物質の層付近で液晶の配向が場所により異なっても入射光は屈折率変化を充分に感じるようになる。

【0078】このような構成によれば、特殊な膜を塗布したり、表面に凹凸のある面を配向処理する必要がないため、本装置の作製が容易となる。

【0079】

【第11の形態】図22は請求項9に対応する本発明の光学装置の実施の形態の一例を示すものである。即ち、61, 62は図21で説明した配向膜を備えた光学装置であり、配向膜の配向方向が互いに直交する如く直列に並べることにより、入射光の偏光状態によらず各種の機能を実現できる。

【0080】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、透明物質の層と、液晶を含む層と、これら透明物質の層と液晶を含む層とを挟んだ電極とを備え、かつ前記液晶を、交流を含む電圧の周波数において実効的に静的に配向する電圧振幅以上の振幅を有する電圧を装置の駆動中、常に前記電極に供給する駆動装置を備えたため、液晶分子に電氣流体力学的運動を起し、これによって液

晶分子の方向を、電極に垂直あるいは平行な状態とこれから少し傾いた状態との間で印加電圧の周波数の2倍の周波数に同期して揺らぐようにして、液晶層の屈折率を変化させることができ、光学的性質を高速、連続的、周期的かつ均一性良く変化でき、しかも複雑な形状に対する膜の加工等が必要なく、製作が容易となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】従来の液晶レンズの一例を示す構成図

【図2】図1の装置における焦点距離と印加電圧との関係図

【図3】図1の装置における反応時間と印加電圧との関係図

【図4】図1の装置における配向規制力による液晶分子の配列の概念図

【図5】図1の装置における電圧印加時の液晶分子の配列の概念図

【図6】本発明の光学装置の第1の実施の形態を示す構成図

【図7】従来の光学装置を説明する印加電圧と偏向角との関係図

【図8】本発明の光学装置の第2の実施の形態を説明する印加電圧と偏向角との関係図

【図9】本発明の光学装置の第2の実施の形態を説明する印加電圧と偏向角との詳細関係図

【図10】本発明の光学装置の第3の実施の形態を説明する印加電圧と偏向角との関係図

【図11】本発明の光学装置の第3の実施の形態を説明する印加電圧と偏向角との関係図

【図12】本発明の光学装置の第3の実施の形態を説明する印加電圧と偏向角との関係図

【図13】本発明の光学装置の第3の実施の形態を説明する印加電圧と偏向角との関係図

【図14】本発明の光学装置の第3の実施の形態を説明する周波数を変化させた際の印加電圧と偏向角との関係図

【図15】本発明の光学装置の第4の実施の形態を示す構成図

【図16】本発明の光学装置の第5の実施の形態を示す構成図

【図17】本発明の光学装置の第6の実施の形態を示す構成図

【図18】本発明の光学装置の第7の実施の形態を示す構成図

【図19】本発明の光学装置の第8の実施の形態を示す構成図

【図20】本発明の光学装置の第9の実施の形態を示す構成図

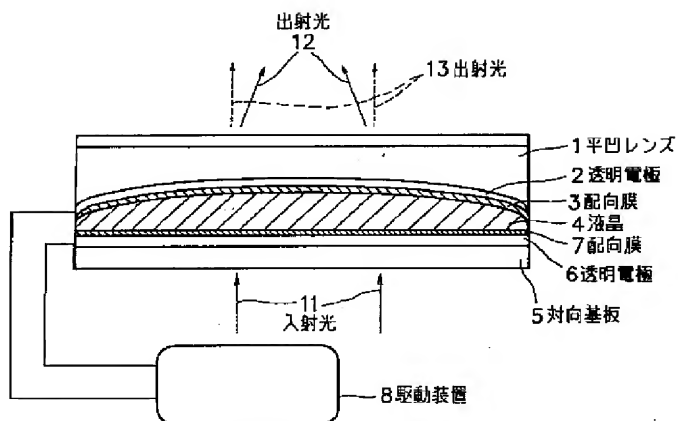
【図21】本発明の光学装置の第10の実施の形態を示す構成図

【図22】本発明の光学装置の第11の実施の形態を示す構成図

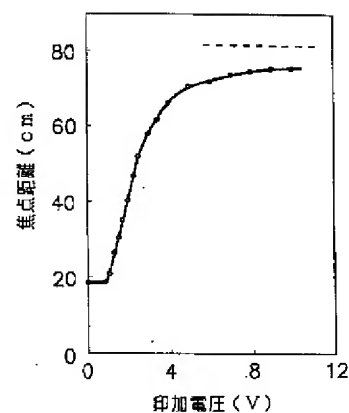
【符号の説明】

21, 31, 35, 37, 39, 41, 43…透明物質の層、22…液晶層、23, 24…電極、25…駆動装置、51…配向膜、61, 62…光学装置。

【図1】

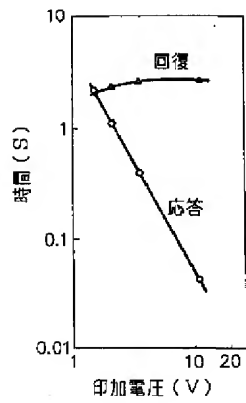


【図2】

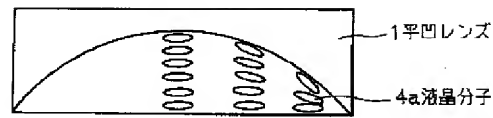




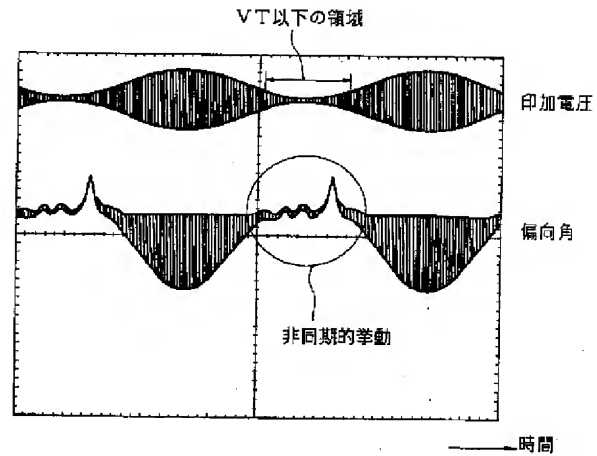
【図3】



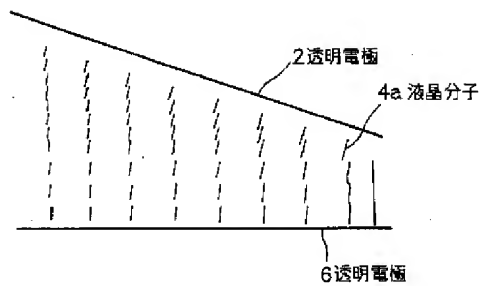
【図4】



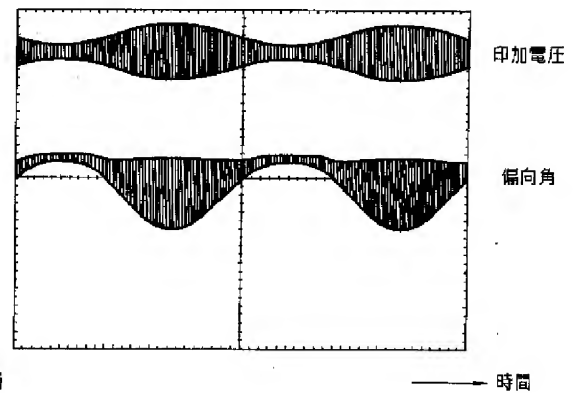
【図7】



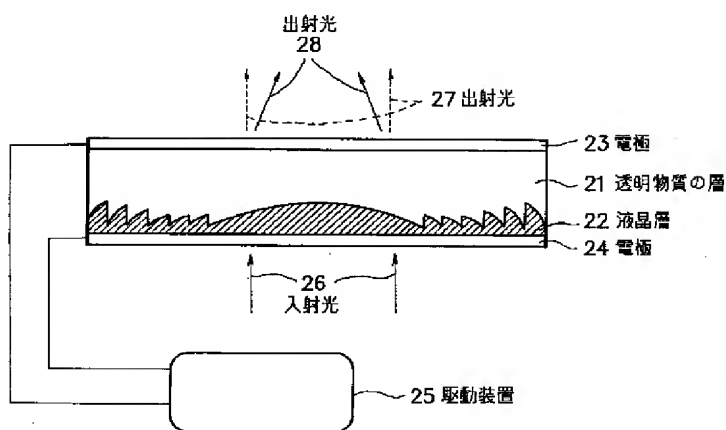
【図5】



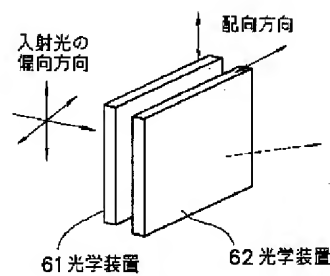
【図8】



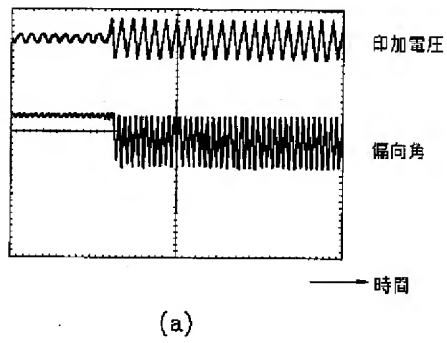
【図6】



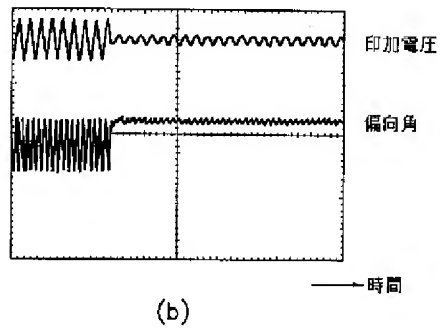
【図22】



【図9】

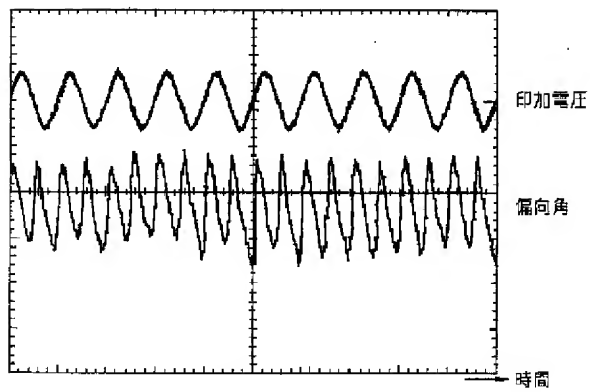


(a)

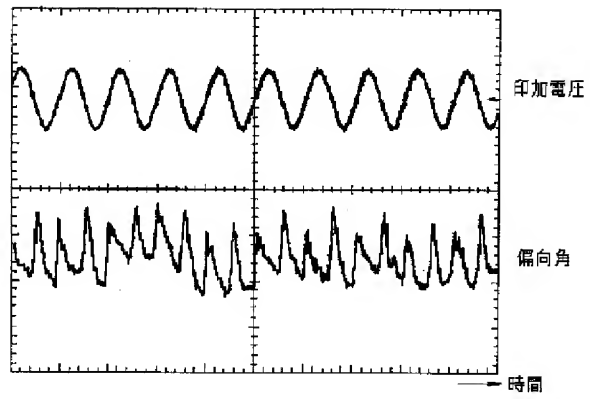


(b)

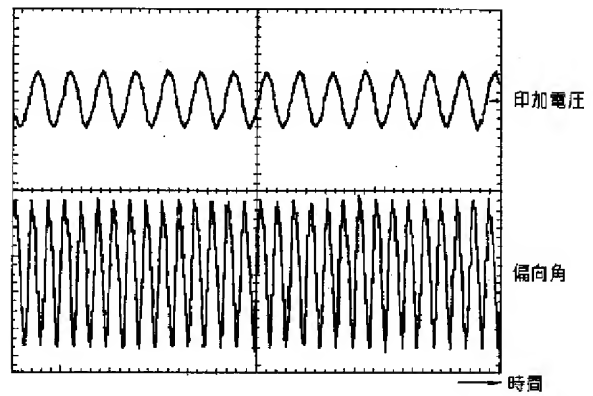
【図11】



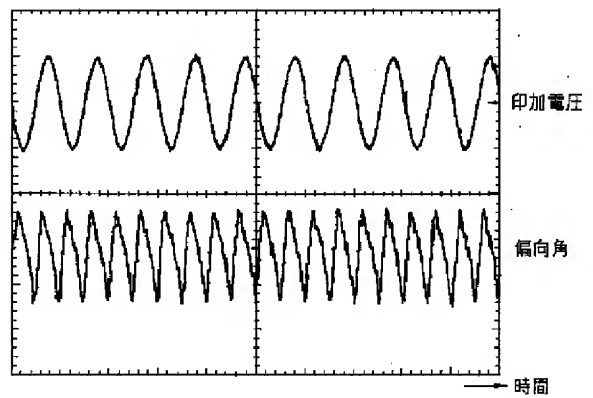
【図10】



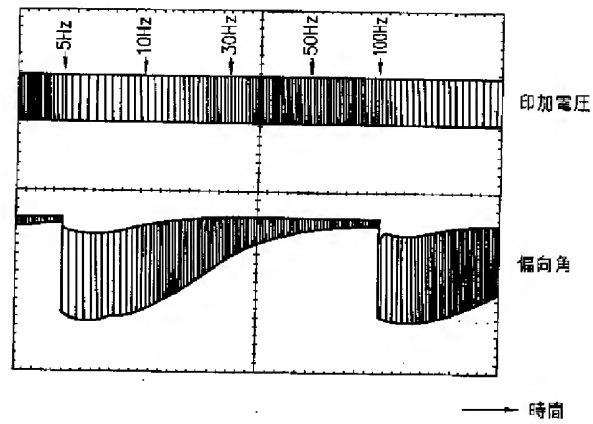
【図12】



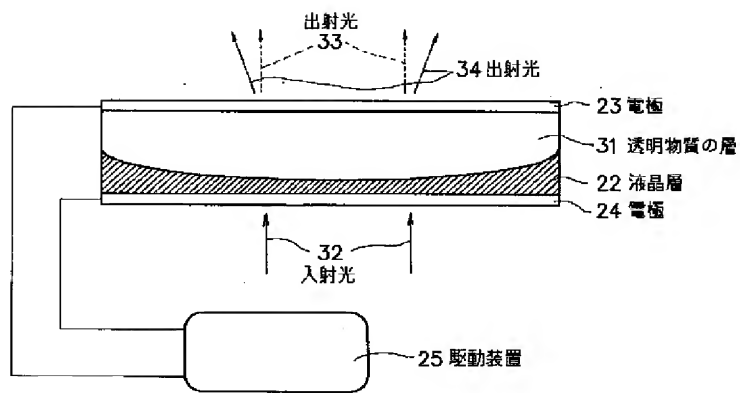
【図13】



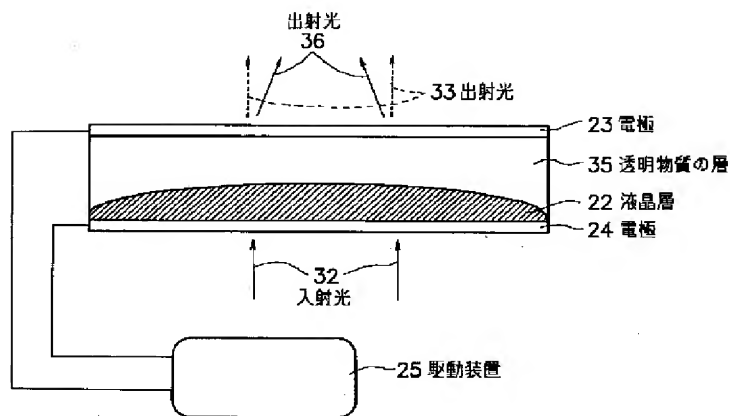
【図14】



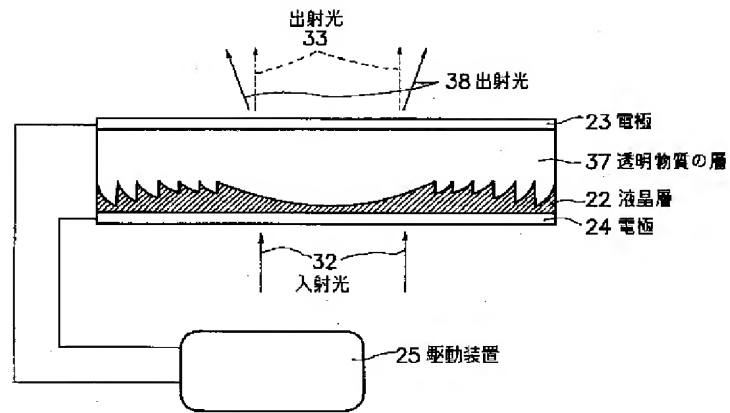
【図15】



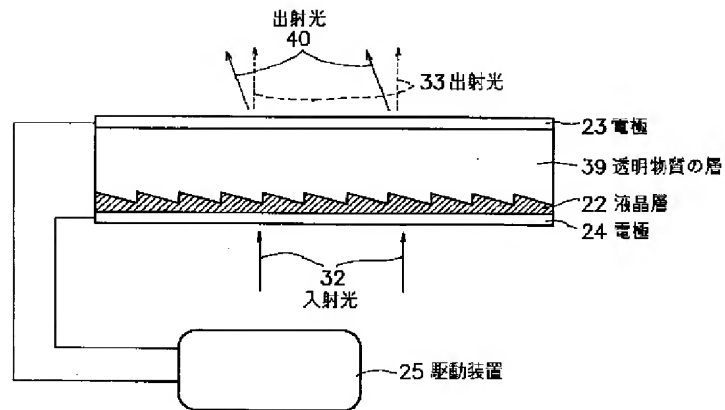
【図16】



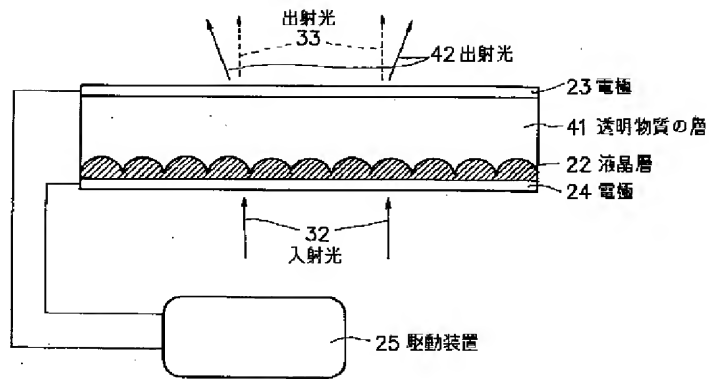
【図17】



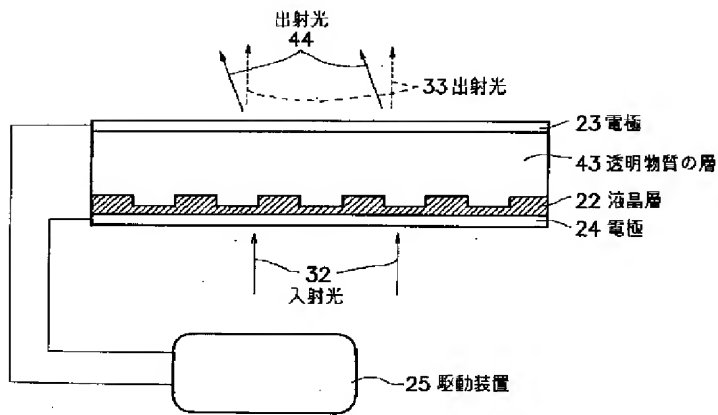
【図18】



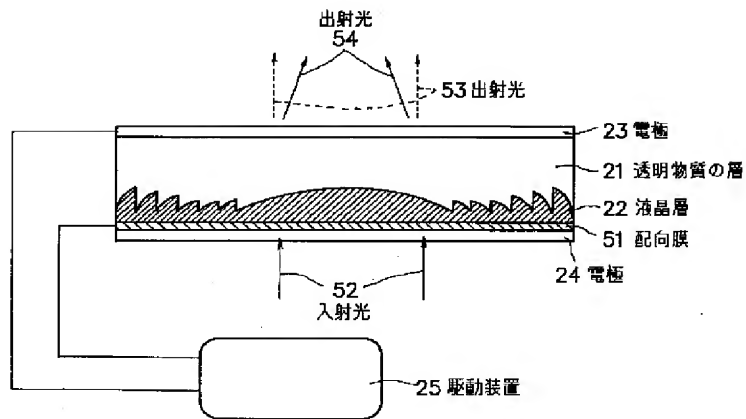
【図19】



【図20】



【図21】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 2 F 1/29			G 0 2 F 1/29	

(72)発明者 酒井 重信  
東京都新宿区西新宿 3 丁目 19 番 2 号 日本  
電信電話株式会社内